

Analisis Mikrotremor Kawasan Palu Barat Berdasarkan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSr)

Yesberlin Toiba, M. Rusydi H, Petrus Demon Sili, Maskur

Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako

Jln. Soekarno Hatta km.9 Bumi Kaktus, Tadulako, Palu

email: Ellytoiba@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian menggunakan metode HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) telah dilakukan untuk memetakan daerah yang rawan terhadap gempa bumi di Kota Palu khususnya daerah Palu Barat dan Palu Timur. Pengambilan data dilakukan pada 30 titik dengan jarak antar titik 750 meter dari titik satu ke titik yang lainnya dengan waktu perekaman selama 60 menit. Data yang diperoleh diolah menggunakan *software Datapro, Geopsy, dan Surfer 10*. Hasil pengolahan data diperoleh nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A_0). Indeks kerentanan seismik (K_g) dan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dapat diperoleh dengan menggunakan nilai f_0 dan A_0 . Untuk perhitungan PGA menggunakan 9 data gempa bumi besar yang pernah terjadi di daerah pengukuran. Hasil analisis f_0 , A_0 , perhitungan K_g dan PGA digunakan untuk memetakan daerah yang rawan terhadap gempa bumi. Nilai f_0 berkisar antara 0,47 hingga 20,01 Hz sedangkan nilai puncak HVSr atau A_0 dari 1,45 sampai 3,81. Sebaran indeks K_g berkisar antara 0,28 hingga 43,25 sedangkan sebaran nilai PGA berkisar antara 104,74 gal hingga 2962,31 gal. Dari peta indeks kerentanan seismik terlihat bahwa daerah yang rawan secara seismik dari gempa bumi berada di Kelurahan Lere dan Kelurahan Besusu Barat, sedangkan untuk peta percepatan getaran tanah maksimum yang paling tinggi berada di sekitar Kelurahan Donggala Kodi. Daerah yang rawan terhadap gempa bumi yaitu daerah yang mempunyai nilai f_0 rendah, nilai A_0 tinggi, dan nilai K_g tinggi. Dalam pembangunan di daerah Palu khususnya Palu Barat dan sebagian Palu Timur diharapkan memperhatikan nilai f_0 , A_0 , dan nilai K_g dan dianjurkan mengikuti tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung sebagai upaya mitigasi bencana gempa bumi.

Kata kunci: HVSr, frekuensi dominan, amplifikasi, indeks kerentanan seismik, PGA, Palu Barat, Palu Timur.

ABSTRACT

The research using HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) has been carried out to map the areas prone to earthquakes in the city of Palu in particular regions of West Palu and East Palu. Data were collected at 30 points with the distance between points 750 meters from one point to the other with 60 minutes of recording time. The data were processed using software Datapro, Geopsy, and Surfer 10. The results of data processing were dominant frequency value (f_0) and amplification (A_0). The seismic vulnerability index (K_g) and value of the maximum ground vibration acceleration (PGA) can be obtained by using the value of f_0 and A_0 . For the PGA calculation used 9 data of the big earthquakes that have occurred in the area of measurement. Results of the analysis of f_0 , A_0 , calculation K_g and the PGA are used to map areas that are prone to the earthquakes. The values of f_0 are ranged from 0.47 to 20.01 Hz while HVSr peak value or A_0 are ranged from 1.45 to 3.81. The distribution of K_g indices is ranged from 0.28 to 43.25, while the distribution of PGA values is ranged from 104.74 gal to 2962.31 gal. By using the maps of seismic vulnerability index is seen that in Seismic areas prone to earthquakes located in the Village of Lere and West Besusu Village, while the maximum ground vibration acceleration maps highest located around the Village of Donggala Kodi. The areas that are prone to earthquakes are areas that have a low f_0 value, high A_0 , and the high value of K_g . In the construction area of Palu, especially in the West Palu and partly of the East Palu are expected to consider the value of f_0 , A_0 , and the value of K_g and it is recommended to follow the procedures of planning for earthquake resistance building structure as earthquake disaster mitigation efforts.

Kata kunci: HVSr, dominant frequency, amplification seismic vulnerability index, PGA, West Palu, East Palu.

1. PENDAHULUAN

Sulawesi Tengah khususnya Kota Palu tercatat sebagai daerah rawan gempabumi karena memiliki aktivitas tektonik yang cukup tinggi di Indonesia. Penyebab utamanya adalah terdapat system patahan (sesar) yang berdimensi cukup besar yang di kenal dengan Sesar Palu Koro. Sulawesi Tengah selain terdapat patahan yang dimensinya cukup besar (Sesar Palu Koro), juga terdapat beberapa patahan sekunder seperti Patahan Matano, Patahan Malei, Patahan Palolo, dan Patahan Naik Mamuju. Patahan-patahan tersebut sangat berpengaruh terhadap tingginya tingkat kegempaan di Sulawesi (Fajriyani,2013).

Melihat kondisi geologi dan tektonik Kota Palu, maka Kota Palu dapat di katakan sebagai salah satu kota yang rawan terhadap gempabumi. Salah satu cara untuk mengetahui tingkat kerentanan gempabumi di Kota Palu adalah menganalisis mikrotremor dengan menggunakan metode *Horizontal to vertical spectral ratio* (HVSr). Mikrotremor adalah getaran kecil harmonik yang terjadi pada lapisan permukaan. Getaran ini merupakan getaran alami yang di sebabkan oleh aktifitas lokal seperti, lalu lintas kendaraan, mesin pabrik dan aktivitas manusia lainnya. Metode HVSr merupakan cara untuk memahami sifat struktur bawah permukaan tanpa menyebabkan gangguan pada struktur tersebut. Melalui analisis ini kemudian dapat diketahui karakteristik tanah Kota Palu sehingga dapat dianalisis kerentanan akibat gempabumi.

Gempabumi menghasilkan getaran dan guncangan yang besarnya beragam. Getaran dan guncangan yang ditimbulkan bisa sangat dahsyat dan mampu meruntuhkan infrastruktur yang dibangun manusia, namun bisa saja berupa getaran kecil tidak dirasakan oleh manusia dan hanya terekam oleh seismometer. Gempabumi adalah suatu gejala fisik yang ditandai dengan bergetarnya bumi dengan berbagai intensitas. Mikrotremor pertama kali diperkenalkan oleh Aki dan Kanai (1957) untuk pengembangan teknik dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik sedimen struktur tanah bawah permukaan terkait daerah dinamis pada suatu titik pengukuran. Mikrotremor dapat diartikan sebagai getaran periode pendek yang

merupakan akumulasi dari efek gelombang laut, kegiatan atmosfer, interaksi angin dengan tanaman atau pepohonan.

Indeks kerentanan seismik (K_g) adalah suatu bilangan yang dapat menyatakan kerentanan lapisan tanah permukaan akibat terjadinya perubahan bentuk lapisan tanah tersebut saat terjadinya gempabumi. yang secara matematis ditulis sebagai berikut:

$$K_g = \frac{A^2}{f_0} \dots \dots \dots (2.1)$$

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Pada bangunan yang berdiri di atas tanah memerlukan kestabilan tanah agar bangunan tetap stabil. Percepatan getaran tanah maksimum (PGA) adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi disuatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi. Nilai percepatan tanah maksimum dihitung berdasarkan magnitudo dan jarak sumber gempa yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan, serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut (Edwiza dkk,2008).

Metode kanai merupakan salah satu cara untuk menghitung nilai PGA di lapisan tanah permukaan. Metode ini merupakan jarak hiposenter dengan titik ukur, magnitudo dalam SR dan periode dominan tanah. Secara empiris PGA di lapisan tanah permukaan ditulis seperti persamaan (2.2):

$$a_s = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{0,61M - (1,66 + \frac{3,6}{R})} \log R^{+(0,67 - \frac{1,83}{R})} \dots (2.2)$$

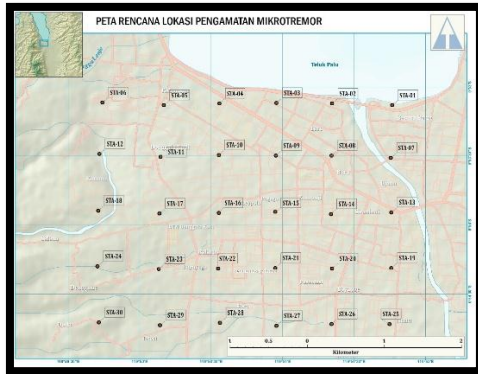
Kemudian Fukushima dan Tanaka menyatakan PGA di batuan dasar seperti persamaan (2.3) namun pada penelitian ini persamaan tersebut tidak dihitung:

$$\log a_b = 1,3 + 0,41 M - \log (R \cdot 0,032 \cdot 10^{0,41M}) - 0,0034 R \dots \dots \dots (2.3)$$

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di kota Palu, khususnya Palu Barat dan sebagian Palu Timur seperti pada Gambar 3.1 Mulai dari titik koordinat 00°54'30" LS sampai 00°53'30" LS dan 119°51'30" BT sampai 119°49'30" BT.

Penelitian ini berada di kecamatan Palu Barat dan sebagian Palu Timur dengan jumlah titik penelitian adalah sebanyak 30 titik dengan spasi antar titik 750 M dalam bentuk grid. Setiap titik dilakukan pengukuran selama 60 menit per titik lokasi seperti Gambar 1.



Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Global Positioning System* (GPS) untuk penentuan posisi sampel lapangan, Peta Rupa Bumi Indonesia lembar Palu sebagai peta dasar, gambar lokasi untuk digunakan dalam pengambilan data, *Digital Portable Seismograph*, untuk mengukur mikrotremor, laptop, untuk menyimpan data dan operasi alat *Digital Portable Seismograph*, data sekunder gempabumi dari tahun 1907 hingga tahun 2014 (BMKG Palu, 2014), Perangkat lunak untuk mengelolah data dan membuat peta seperti Geopsy Versi 2.9.0, Surfer 9 untuk pembuatan kontur dan Arcgis 9.2 untuk pemetaan.

Survei Pendahuluan ini dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi lokasi yang akan diteliti, untuk menentukan luas cakupan daerah penelitian. Menyiapkan peta Geologi lembar Palu yang akan digunakan, kemudian menentukan koordinat titik penelitian yang akan diukur kedalam peta. Penentuan titik pengukuran dilakukan berdasarkan *propovise sampling* artinya penentuan titiknya di tentukan dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Setelah mendapatkan titik yang akan diukur, maka pilih lokasi untuk menempatkan alat *Digital Portable Seismograph*. Pemilihan lokasi untuk menempatkan alat sebaiknya dijauhkan dari aktivitas manusia guna mengurangi *noise* (gangguan) pada saat pengukuran dengan syarat teknik survei mikrotremor. Memasang alat dengan cara

yang tepat. Sebelum pembacaan alat harus diatur orientasi dan kedatarannya. Penentuan orientasi alat ditentukan dengan bantuan kompas, penentuan orientasi ini sangat penting karena sensor perekaman alat terdiri atas 3 komponen yaitu komponen vertikal (U-D), komponen horizontal E-W dan komponen horizontal N-S. Untuk mengatur kedatarannya, alat dilengkapi dengan kaki dengan sistem sekrup sehingga sekrup diputar-putar sedemikian rupa hingga gelembung udara pada nivo menjadi di tengah. Setelah alat siap maka perekaman dapat dilakukan, perekaman dilakukan selama 60 menit per titik lokasi. Data rekaman berupa *waveform* tersimpan di *Compact Flash* yang terdapat di alat *Digital Portable Seismograph*. Kemudian diunduh menggunakan *software* bawaan TDL-303S Netrec.Xe dalam format TRC. Pengukuran dilanjutkan ke titik berikutnya dengan mengikuti langkah yang sama.

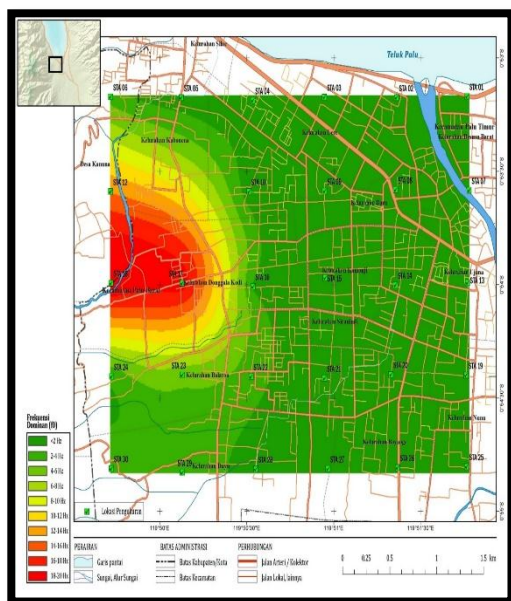
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Nilai amplifikasi, frekuensi dominan, indeks kerentanan seismik dan Nilai percepatan tanah maksimum.

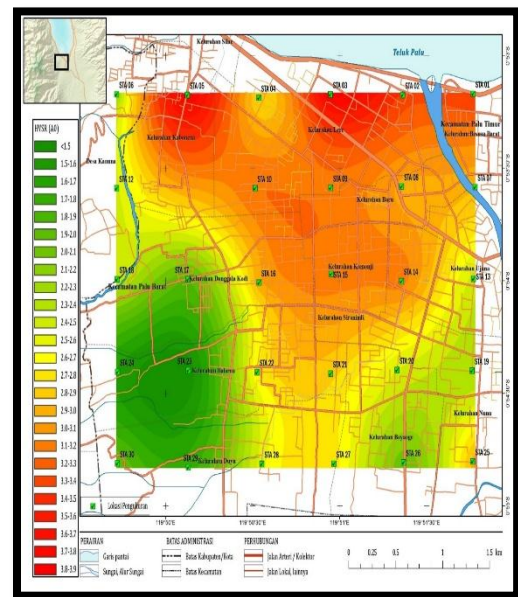
No	Sites	A_0	F_0 (Hz)	K_g	PGA (gal)
1	sta1	3,398	0,477	24,21	104,74
2	sta2	3,380	0,500	22,85	468,476
3	sta3	3,810	0,530	27,39	482,318
4	sta4	2,820	0,570	13,95	500,178
5	sta5	3,780	0,740	19,31	569,87
6	sta6	2,190	3,090	1,55	1164,24
7	sta7	2,910	0,530	15,98	482,319
8	sta8	2,980	0,580	15,31	504,546
9	sta9	3,180	0,730	13,85	566,01
10	sta10	3,190	1,000	10,18	662,422
11	sta12	2,480	13,740	0,45	2454,75
12	sta13	2,470	0,560	10,89	495,776
13	sta14	3,135	0,797	12,33	591,404
14	sta15	3,143	0,663	14,90	539,423
15	sta16	2,970	1,595	5,53	836,528
16	sta17	1,910	19,130	0,19	2896,44
17	sta18	2,440	20,010	0,30	2962,31

18	sta19	2,320	0,720	7,48	562,124
19	sta20	2,500	0,710	8,80	558,207
20	sta21	2,830	0,730	10,97	566,011
21	sta22	2,700	2,840	2,57	1116,16
22	sta23	1,450	4,730	0,44	1440,38
23	sta24	1,590	2,440	1,04	1034,59
24	sta25	2,930	0,598	14,36	512,313
25	sta26	2,050	0,800	5,25	592,517
26	sta27	2,740	0,810	9,27	596,206
27	sta28	2,570	1,430	4,62	792,094
28	sta29	1,740	2,760	1,10	1100,33
29	sta30	1,990	3,840	1,03	1297,84

Analisis spektrum H/V daerah Palu khususnya Palu Barat dan Palu Timur memiliki nilai frekuensi dominan (f_0) yang berbeda-beda yaitu mulai dari 0,47 Hz hingga 20,0 Hz. Untuk nilai f_0 tertinggi berada pada sta18 yaitu 20,0 sedangkan untuk nilai f_0 terendah berada pada sta1 yaitu 0,47 seperti terlihat pada Tabel 1. Dari hasil perhitungan f_0 maka dapat dibuatkan peta f_0 untuk wilayah Palu khususnya Palu Barat dan sebagian Palu Timur ditunjukkan oleh Gambar 2.

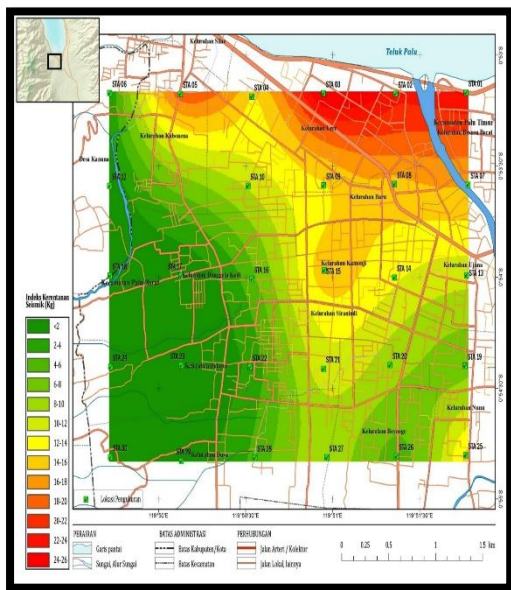


Gambar 2 Peta Frekuensi dominan (f_0)



Gambar 3 Peta Puncak HVSR Atau Amplifikasi (A_0)

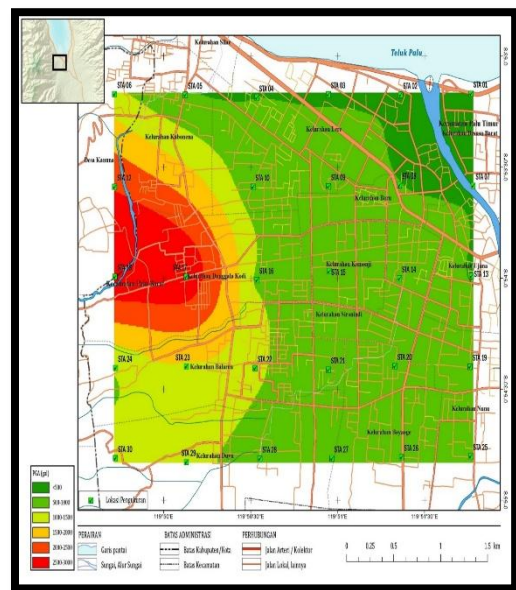
Nilai amplifikasi A_0 yang berkisar antara 1,45 sampai 3,81. Nilai A_0 yang terendah yaitu 1,45 terletak pada sta23, dan nilai A_0 yang tertinggi yaitu 3,81 terletak pada sta3 seperti pada Tabel 1 dan dibuatkan peta seperti Gambar 4. Menurut Bard (1999), menyatakan bahwa nilai A_0 hanya memberikan amplifikasi tingkat rendah terhadap gempabumi, namun peneliti lainnya seperti Mucciarelli (1999), Nakamura (2000), memberikan bukti adanya korelasi yang jelas antara nilai A_0 dengan kerusakan yang ditimbulkan gempabumi, sedangkan Daryono (2009) memperlihatkan bahwa kerusakan diatas 30% terjadi pada daerah yang memiliki nilai A_0 diatas 3 sampai 7. Menurut Sungkono dan Santosa (2011) parameter A_0 masi diperdebatkan penggunaannya oleh beberapa peneliti, sedangkan menurut Sesame (2005) penyebabnya adalah adanya perbedaan nilai amplifikasi HVSR mikrotremor dengan amplifikasi HVSR seismogram.



Gambar 4. Peta Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Indeks kerentanan seismik didapatkan dari pengkuadratan nilai puncak HVSR dibagi dengan nilai f_0 . Hasil perhitungan K_g berkisar antara 0,19 hingga 27,39. Nilai K_g antara 20-100 merupakan beberapa peristiwa gempa bumi menunjukkan bahwa daerah yang sering terkena kerusakan besar akibat gempa bumi, sedangkan K_g 0,1 hingga 5 sangat jarang mengalami kerusakan gempa bumi menunjukkan bahwa daerah yang sering terkena kerusakan besar akibat gempa bumi memiliki nilai K_g antara 20-100, sedangkan nilai K_g 0,5 hingga 5 sangat jarang mengalami kerusakan. Nakamura (2000). Daryono (2011) mengklasifikasikan nilai indeks kerentanan seismik lebih dari satu merupakan daerah yang rentan secara seismik dalam hal ini daerah yang dapat mengalami kerusakan yang sangat besar saat gempa bumi. Daerah penelitian yaitu di daerah Palu khususnya Palu Barat dan sebagian Palu Timur memiliki nilai indeks kerentanan seismik seperti pada Tabel 1. Terlihat bahwa secara umum nilai K_g berkisar antara 0,19 hingga 27,39. Daerah yang mempunyai Nilai 6 hingga 19 mempunyai kerusakan yang sedang secara seismik yang terletak pada sta4, sta7, sta8, sta9, sta10, sta13, sta14, sta15, sta19, sta20, sta21, sta25 dan sta27. Sedangkan daerah yang memiliki nilai 20

hingga 100 akan mengalami kerusakan yang besar pada saat terjadi gempa bumi, ada 3 titik yang mempunyai nilai lebih dari 20 yaitu sta1 (24,21), sta2 (22,85), dan sta3 (27,39) ini menunjukkan kerusakan yang lebih besar. Daerah yang memiliki nilai K_g yang rendah dan jarang mengalami kerusakan yaitu nilai 0,1 hingga 5 berada pada sta6 (1,84), sta12 (0,47), sta17 (0,19), sta18 (0,30), sta22 (2,57), sta23 (0,44), sta24 (1,04), sta28 (4,62), sta29 (1,10) dan sta30 (1,03). Nilai hasil perhitungan K_g dapat dipetakan seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Peta Percepatan Getaran Tanah Maksimum (PGA)

Nilai PGA pada penelitian ini dihitung menggunakan metode Kanai seperti pada persamaan (2.2) yang kemudian dibuatkan peta seperti pada Gambar 5. Hasil perhitungan menunjukkan nilai PGA 104,74 gal hingga 2962,31 gal seperti pada Tabel 1. Penelitian ini menghasilkan nilai PGA tergolong dalam skala tinggi hingga sangat tinggi. Ini menunjukkan bahwa secara umum daerah penelitian rentan terhadap bahaya guncangan gempa bumi, hal ini menunjukkan bahwa secara umum daerah penelitian rentan terhadap bahaya guncangan gempa bumi. Hasil penelitian dengan nilai PGA yang berbanding lurus dengan tingkat kerusakan daerah Bengkulu Utara disebagian titik pengukurannya, semakin tinggi nilai PGA maka semakin besar potensi kerusakan daerah akibat gempa bumi dan sebaliknya Harlinto

(2011). Secara umum daerah pengukuran yaitu daerah Palu Barat dan sebagian Palu Timur rentan terhadap bahaya guncangan gempabumi. Berdasarkan sebaran PGA SNI tahun 2010 probabilitas 10% dalam 50 tahun menunjukkan bahwa nilai PGA daerah Palu sekitar lebih dari 0,8 g atau sama dengan 784 gal menurut Kementrian Pekerjaan Umum (Ibrahim dan Subardjo, 2005).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diuraikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis frekuensi dominan (f_0) berkisar antara 0,47 hingga 20,0 Hz sedangkan nilai puncak HVSR atau amplifikasi (A_0) mulai dari 1,45 sampai 3,81. Perhitungan sebaran indeks kerentanan seismik (K_g) berkisar antara 0,19 hingga 27,39 sedangkan sebaran nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) berkisar antara 104.74 gal hingga 2962,31 gal.
2. Daerah yang berbahaya secara seismik adalah daerah yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik tertinggi, yaitu terdapat di daerah Kelurahan Besusu Barat (24,21), Kelurahan Lere (27,39), Kelurahan Baru (15,31) dan Kelurahan Kabonena (19,31). Seperti terlihat pada Gambar 4.5.

SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya jumlah titik pengukuran mikrotremor ditambah dan didukung dengan data kerusakan lahan akibat gempabumi yang pernah terjadi di daerah penelitian.
2. Dalam pembangunan di daerah Palu khususnya Palu Barat dan sebagian Palu Timur diharapkan memperhatikan nilai frekuensi dominan (f_0), nilai amplifikasi (A_0), dan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan dianjurkan mengikuti tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk

struktur bangunan gedung sebagai upaya mitigasi bencana gempabumi.

3. Untuk melakukan pengukuran diharapkan mengikuti persyaratan-persyaratan mikrotremor saat melakukan pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Bard, P.Y. 1999, *Microtremor Measurement: A tool For Site Estimates*, States Of The Art Paper, Second International Symposium On The Effect Of Surface Geologi On Seismic Motion, Yokohama, December 1-3, 1998, Pp 1252-1279.
- BMKG Palu, 2014, *Daftar Gempa Terbesar Di Palu Dan Daerah Disekitarnya Tahun 1900 -2014*. Palu.
- Daryono, 2009, *Efek Tapak Lokal (Local Site Efekt) di Graben*
- Daryono, 2011, *Tataan Tektonik Dan Sejarah Kegempaan Palu, Sulawesi Tengah*. Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika (BMKG).
- Edwiza, D., dan Sri, N., 2008, *Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai*, (Jurnal), Jurusan Teknik Sipil dan Program Studi Fisika Universitas Andalas, Kalimantan.
- Fajriyani, N., 2013, *Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum (Peak Ground Acceleration) Menggunakan Metode Kanai Di Kota Palu*, Program Studi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako, Palu.
- Harlianto, B., 2013, *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum, Indeks Kerentanan Seismik Tanah, Ground Shear Strain, Dan Ketebalan Lapisan Sedimen Untuk Mitigasi Bencana Gempabumi Kabupaten Bengkulu*

- Utara, Tesis. Universitas Gadjja mada. Yogyakarta.
- Ibrahim, G., dan Subardjo., 2005, *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Mucciarelli, M., 1999, *Reappraisal Of A XVI Century Earthquake Combining Historical, Geological and Instrumental Information*, Proceedings Of Workshop Of E.S.C. Sub-Commision On Historical Seismology, Macerata, Italy.
- Nakamura, Y., 2008, *On The H/V Spectrum*, Tokyo Institute Of Technologi, Japan.
- Sesame., 2005, *Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibration Measurements and Interpretation*, Deliverable D23.12, University Of Potsdam, http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/SES_Reports.htm.